

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

亞臨界明渠 30 度分流研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-032-007-

執行期間：92 年 08 月 01 日至 93 年 10 月 31 日

執行單位：淡江大學水資源及環境工程學系

計畫主持人：許中杰

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 5 月 16 日

亞臨界明渠 30 度分流研究

Subcritical 30° Dividing Open-Channel Flow

計劃編號：NSC92-2211-E032-007

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 10 月 31 日

主持人：許中杰 淡江大學水環工程學系

計劃參與人員：蘇國琮、游誼任、張永泰

一、中文摘要

本研究進行主、支渠 30° 交接之亞臨界分流實驗；支、主渠渠寬比分為 1、1/2 與 1/3，每一渠寬比配合七組流量比以探討分流流況。由實驗結果發現，於分流點上游端 4 倍渠寬處之流速分佈相當均勻而為完全發展段，且不受下游分流流況之影響。當渠寬比固定而流量比減少時，則分流角將增大，但最大束縮寬度與支渠迴流區再觸長度將較小。當流量比固定而渠寬比增大時，則分流角隨著渠寬比增大而減少，且於支渠主流向可能無迴流區存在。主渠下、上游水深比不受分流交角之影響而僅為主渠下游福祿數與流量比之函數；於主渠下游福祿數為定值時，水深比與流量比成正比例關係，且於流量比為定值時，水深比與主渠下游福祿數成反比例關係。另外，支渠下游與主渠上游水深比與流量比成線性關係，而能量損失係數與渠寬比成正比例關係。

關鍵詞：分流、水深比、流量比、能量損失係數。

Abstract

This study presents the experimental analysis for 30° divided sub-critical open-channel flow. The channel width ratios were 1, 1/2, and 1/3. For each channel width ratio run, 7 discharges were conducted in the experiments. The experimental results showed that the flow is fully developed and uniformly distributed at 4 channel-widths upstream of dividing point. It also showed that the flow angle at the interface increases with increasing discharge ratio while the re-circulation width and the reattachment length decrease. The downstream to upstream depth ratio in the main channel depends on the discharge ratio and downstream Froude number. The depth ratio increases with increasing discharge ratio and decreases with increasing downstream Froude number. In addition, the energy loss coefficient increases with increasing width ratio.

Keywords: Dividing flow, depth ratio, discharge ratio, energy loss coefficient.

二、緣起與目的

Law (1965)、Lakshmana Rao 和 Sridharan (1968)、Ramamurthy (1988)、Ramamurthy (1990)、Hager(1992) 與 Hsu(2002)等進行 90° 交角明渠分流實驗，並推導分流流況之一維性解析解，Neary(1993)進行非等寬分流實驗之三維性流況探討。對異於 90° 交角分流之研究，國外鮮有研究結果，而國內有謝氏(1996)、楊氏(1997)、樊氏(1998)、林氏(2000)、陳氏(2001)、郭氏(2002)與何氏(2003)等進行一系列分流交角之試驗，並推導水深比與流量比及能量損失係數之一維性解析解。本計劃延續前述研究而進行渠底水平之亞臨界明渠 30 度分流試驗。

本計劃之試驗渠槽主渠渠寬 $W_u = W_d = 30\text{cm}$ ，而支、主渠寬比 $\bar{W}_b = W_b / W_u = 1, 1/2$ 與 $1/3$ ，實驗渠道配置與

量測斷面示如圖 1。試驗總流量介於 8.05(l/sec)至

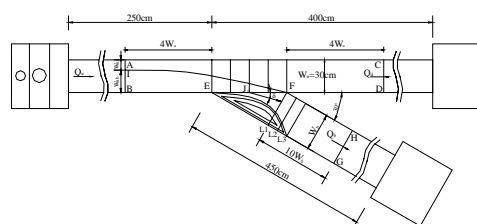


圖 1 實驗渠道配置及量測斷面

13.30(l/sec)間，並分為 7 組支、主渠流量比 ($\bar{Q} = Q_d / Q_u \leq 1$)。當 $\bar{W}_b = 1.0$ ，主渠下游福祿數 (F_{rd}) 介於 0.07 至 0.17 之間；支渠下游福祿數 (F_{rb}) 介於 0.10 至 0.16 之間；當 $\bar{W}_b = 1/2$ ， $0.08 \leq F_{rd} \leq 0.17$ 及 $0.20 \leq F_{rb} \leq 0.31$ ；當 $\bar{W}_b = 1/3$ ， $0.07 \leq F_{rd} \leq 0.18$ 及 $0.32 \leq F_{rb} \leq 0.43$ 。量測項目包含水深、主流向和側向平均流速及迴流區的再觸長度 (L)，並應用量測資料分析渠寬比、流量比、水深比與迴流

區流況。

三、結果與討論

分流流線

分流處主渠段之水深平均分流流線示如圖 2。由圖中可知，隨主渠下游流量(Q_d)增加時，

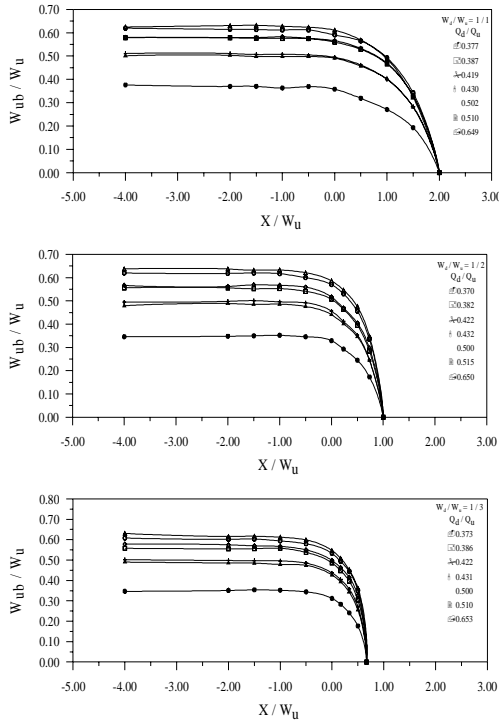


圖 2 分流處主渠段之水深平均分流流線

主渠分流流線之位置(W_{ud})與上游渠寬(W_u)之比值亦增大，且 \bar{Q} 與 W_{ud}/W_u 呈線性正比關係。於分流點上游端 4 倍渠寬處， $W_{ud}/W_u \approx \bar{Q}$ ，此一現象表示於上游 4 倍渠寬處之流速分佈相當均勻而為完全發展段，且不受下游分流流況之影響。

流向角

分流交界面之斷面平均流向角(δ)為分流交界面之斷面平均速度向量與主渠流流向之夾角，受分流交角、流量比與渠寬比之影響。定義如：

$$\delta = \tan^{-1} \frac{U_t}{V_t} \quad (1)$$

其中， V_t = 交界面之斷面平均主渠向流速， U_t = 垂直於交界面之斷面平均流速。因本試驗之分流交角為 30° ，故流向角僅受 \bar{Q} 與 \bar{W}_b 之影響。當 \bar{W}_b

固定而 \bar{Q} 減少時，則較多之流量將排入支渠，故 δ 將增大。圖 3 顯示於本試驗範圍之 δ 隨著 \bar{Q} 之

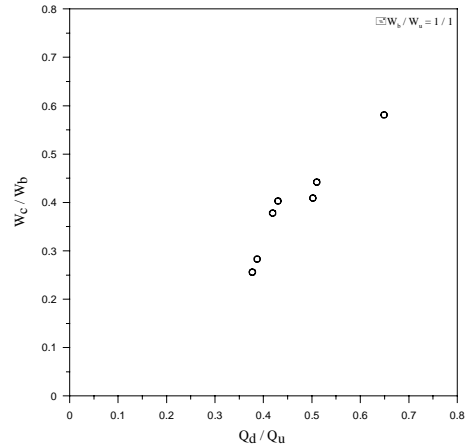


圖 3 主渠上下游流量比與支渠入流斷面流向角之關係圖

增加而減少。同理，當流量比固定而渠寬比增大時，則交界面處將有較大之空間排放支渠流量，故 δ 亦隨著 \bar{W}_b 之增大而減少，而流向角較趨近於支渠主流向且可能無迴流區存在。

迴流區形狀參數

如前所述，於 \bar{Q} 為定值時， δ 亦隨著 \bar{W}_b 之增大而減少而可能無法形成迴流區。由試驗觀測知，當 $\bar{W}_b = 1/2$ 及 $1/3$ 時，迴流區並不存在。另外，於渠寬比為定值時，流量比愈大表示分流角愈小，故迴流區最大束縮寬度將較大。圖 4 表示

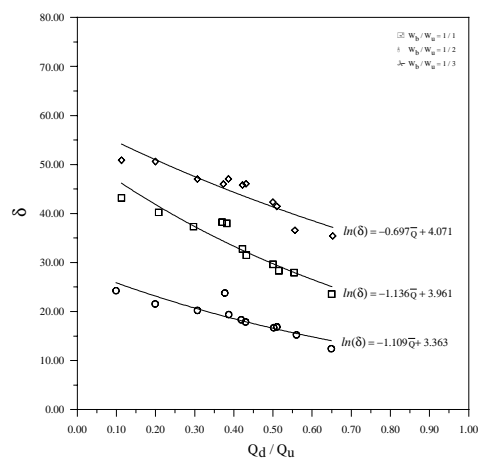


圖 4 最大束縮寬度與支渠寬度比與流量比

當 $\bar{W}_b = 1.0$ 時，最大束縮寬度(W_c/W_b)隨流量比

之增大而增大，且於試驗範圍內約呈線性正比關係，而圖 5 表示流量比增大，再觸長度 (L) 亦隨之增加。

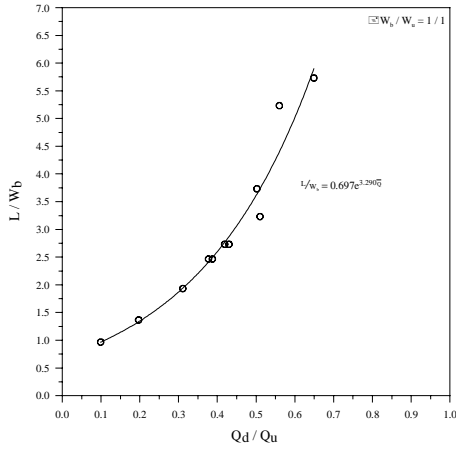


圖 5 再觸長度與支渠寬度比與流量比

福祿數與水深比

取如圖 2 控制體 AIFDCA 之能量方程式，假設無摩擦損失，且令 $\bar{Y} = Y_u / Y_d$ 及 $\bar{Q} = Q_d / Q_u$ ，則亞臨界明渠分流主渠上、下游水深比可表示為：

$$\bar{Y}^3 - \left(1 + \frac{1}{2} F_{rd}^2\right) \bar{Y}^2 + \frac{1}{2 \bar{Q}^2} F_{rd}^2 = 0 \quad (2)$$

由式(2)可知， \bar{Y} 不受分流交角之影響而僅為 F_{rd} 與 \bar{Q} 之函數；於 F_{rd} 為定值時， \bar{Y} 與 \bar{Q} 成正比關係，且於 \bar{Q} 為定值時， \bar{Y} 與 F_{rd} 成反比關係。圖 6 中可知試驗資料與應用式(2)之理論值相當吻合。

圖 6 中， $G(F_{rd}) = 1 - \left\{ F_{rd}^2 / \left[(2 + F_{rd}^2) / 3 \right]^3 \right\}^{1/2}$ ，

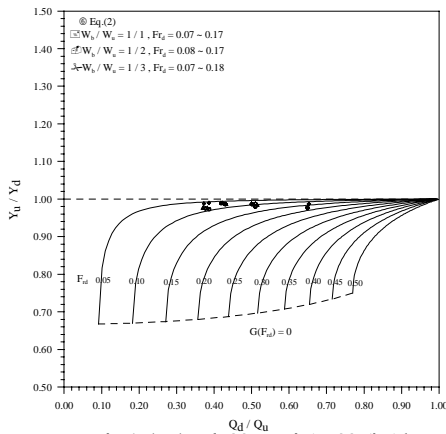


圖 6 支主渠渠寬比、水深比與流量比

當 $\bar{Q} \leq G(F_{rd})$ ， \bar{Y} 有解；當 $\bar{Q} > G(F_{rd})$ ， \bar{Y} 無解。圖 7 表示本試驗值與其他研究之試驗值皆符合 $\bar{Q} \leq G(F_{rd})$ 。

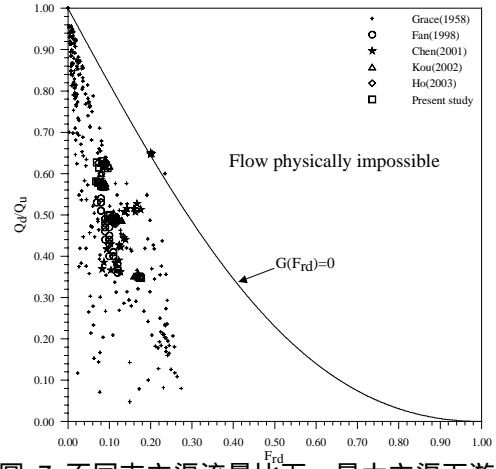


圖 7 不同支主渠流量比下，最大主渠下游福祿數與流量比

能量損失係數

取如圖 2 控制體 ABEGHFDCA 之能量方程式，且假設主渠內無摩擦損失，令 $\bar{Y}_b = Y_b / Y_u$ ，則經由分流之能量損失係數可表示為：

$$K_e = (1 - \bar{Q}) \left[1 - \frac{2 \bar{Y}_b^3 + \frac{1}{\bar{W}_b^2} (1 - \bar{Q})^2 F_{ru}^2}{\bar{Y}_b^2 (2 + F_{ru}^2)} \right] \quad (3)$$

式(3)可知，能量損失係數與渠寬比成正比關係；當 \bar{W}_b 愈小，則 K_e 愈小。圖 8 表示 \bar{Y}_b 與 \bar{Q} 成線性

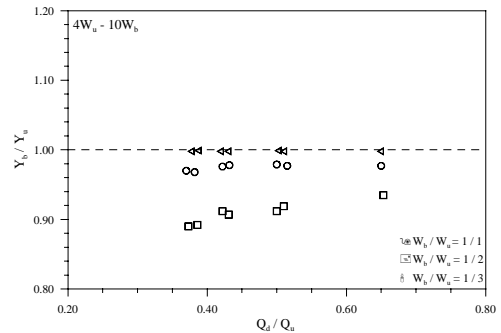


圖 8 不同流量比下，支渠下游 10 倍渠寬處與主渠上游 4 倍渠寬處水深比

關係，且當 \bar{W}_b 愈小， \bar{Y}_b 愈小。圖 9 至 11 分別表示 $\bar{W}_b = 1.0, 1/2, 1/3$ 時， K_e 之理論值與試驗值相當吻合。

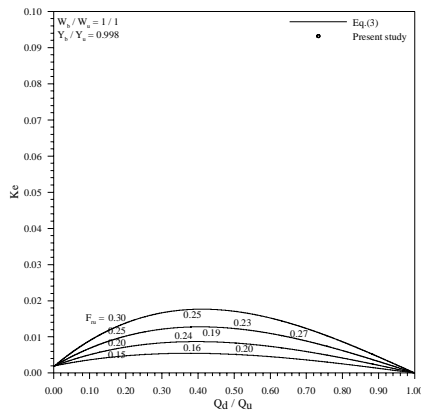


圖 9 渠寬比 1，能量損失係數與流量比

四、結論

亞臨界 30° 分流實驗結果可知分流點上游端 4 倍渠寬處之流速分佈相當均勻而為完全發展段，且不受下游分流流況之影響。當渠寬比固定而流量比減少時，則分流角與支渠迴流區再觸長度將增大，但最大束縮寬度將較小。當流量比固定而渠寬比增大時，則分流角隨著渠寬比增大而減少，且於支渠主流向可能無迴流區存在。主渠下、上游水深比不受分流交角之影響而僅為主渠下游福祿數與流量比之函數；於主渠下游福祿數為定值時，水深比與流量比成正比關係，且於流量比為定值時，水深比與主渠下游福祿數成反比關係。另外，支渠下游與主渠上游水深比與流量比成線性關係，而能量損失係數與渠寬比成正比關係。

參考文獻

- Law, S.W., (1965) . "Dividing Flow in open channel," thesis presented to McGill University at Montreal, Canada, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Engrg.
- Lakshmana Rao, N.S., Sridharan, L., and Baig, M.Y.A. (1968) . "Experimental study of the division of flow in an open channel," Proc., Third Australasian Conference on Hydraulic and Fluid Mechanics, Sydney Australia, Nov., 139-142.
- Ramamurthy, A.S. and Satish, MG. (1988) . "Division of Flow in Short Open-Channel

- Branches." J. Hydr. Engrg., ASCE, 114(4), 428-438.
- Ingle, R.N. and Mahankal, A.M. (1990). "Discussion of 'Division of Flow in Short Open-Channel Branch.' By A.S. Ramamurthy and M.G. Satish." J. of Hydr. Engrg., ASCE, 116(2), 289-291.
- Ramamurthy, A.S., Tran, D.M. and Carballada, L.B. (1990) . "Dividing Flow in Open Channels." J. Hydr. Engrg., ASCE, 116(3), 449-455.
- Hager, H. (1992) . "Discussion of 'Dividing Flow in Open Channels.' By A.S. Ramamurthy, D.M. Tran, and L.B. Carballada." J. of Hydr. Engrg., ASCE, 118(4), 634-637.
- Sridharan, L. (1966) . "Division of flow in open channels." Thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.
- Neary, V.S. and Odgaard, A.J., (1993) . "Three Dimensional Flow Structure at Open Channel Diversions. J. Hydr. Engrg.", ASCE, 119(11), 1223-1230.
- Hsu, C.C., Tang, C.J., Lee, W.J. and Shieh, M.Y. (2002). "Subcritical 90° Equal-Width Open-Channel Dividing Flow." J. of Hydr. Engrg., ASCE, 128(7), 716-720.
- 謝孟益「亞臨界直角明渠分流之研究」，淡江大學水資源及環境工程研究所，碩士論文，台北 (1996)。
- 楊景旭「非等寬直交分流研究」，淡江大學水資源及環境工程研究所，碩士論文，台北 (1997)。
- 樊運成「非等寬直交分流研究」，淡江大學水資源及環境工程研究所，碩士論文，台北 (1998)。
- 林逸政「非等寬直交分流研究」，淡江大學水資源及環境工程研究所，碩士論文，台北 (2000)。
- 陳建文「非等寬 75° 度分流研究」，淡江大學水資源及環境工程研究所，碩士論文，台北 (2001)。
- 郭瑞儀「非等寬 60° 度分流研究」，淡江大學水資源及環境工程研究所，碩士論文，台北 (2002)。
- 何泰亦「非等寬 45° 度分流研究」，淡江大學水資源及環境工程研究所，碩士論文，台北 (2003)。